

УДК 616.16-008:611.451:312.273.2

Зеркалова Юлия Феликсовна, к.м.н.

Воротникова Марина Вячеславовна, к.б.н.

Зеркалова Яна Игоревна ассистент кафедры анатомии человека,

Zerkalova Yuliya Feliksovna,

candidate of medical sciences, associate professor of the department of human anatomy, Ulyanovsk State University, Russian Federation, Ulyanovsk

University, Russian Federation, Ulyanovsk

Vorotnikova Marina Vyacheslavovna,

candidate of biological sciences, associate professor of the department of human anatomy, Ulyanovsk State University, Russian Federation, Ulyanovsk

State University, Russian Federation, Ulyanovsk

Zerkalova Yana Igorevna,

assistant of the department of human anatomy, Ulyanovsk State University, Russian Federation, Ulyanovsk

Russian Federation, Ulyanovsk

ФГБОУ ВО «Ульяновский Государственный университет», Ульяновск, Россия

НЕОДНОРОДНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ КАПИЛЛЯРНОГО РУСЛА РАЗНЫХ ЗОН НАДПОЧЕЧНИКОВ ПРИ АДАПТАЦИИ К ГИПОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ

Аннотация. Исследование проводилось на лабораторных крысах-самцах. Гипобарическая гипоксия моделировалась путем разрежения воздуха в барокамере, имитирующей подъемы на высоту 6000–6500 м над ур.м. Гипоксические воздействия на организм проводились в течение 1,3,7,15,30 суток. Установлено, что на всем протяжении эксперимента морфометрические показатели интраорганного микрогемодикуляторного русла надпочечников повышены во всех зонах коры и в мозговом веществе, но наибольшие изменения претерпевает сосудистое русло в пучковой и сетчатой зонах, что свидетельствует о наличии зональности в реакции органа на кислородное голодание тканей.

Ключевые слова: гипобарическая гипоксия, крысы, адаптация, надпочечник, капилляры.

ГИПОБАРДЫК ГИПОКСИЯГА КӨНҮГҮҮДӨ БӨЙРӨК ҮСТҮНДӨГҮ БЕЗДЕРДИН АР КАНДАЙ ЗОНАЛАРЫНДАГЫ КАПИЛЛЯРДЫК ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮНҮН ГЕТЕРОГЕНДУҮЛҮГҮ

Аннотация. Изилдөө лабораториялык эркек келемиштерде жүргүзүлгөн. Гипобардык гипоксия деңиз деңгээлинен 6000–6500 м бийиктикке көтөрүлүүнү симуляциялоочу барокамерада абанын сейректендирүү менен модели түзүлгөн. Организмге гипоксиялык таасир 1,3,7,15,30 күн бою жүргүзүлгөн. Бүткүл эксперименттин жүрүшүндө бөйрөк үстүндөгү бездердин интраорганкалык микрогемодикулятордук бөлүгүнүн морфометриялык параметрлери кыртыштын бардык аймактарында жана мээ кабыгында жогорулай тургандыгы аныкталган, бирок кан тамыр катмары фасцикулярдык жана ретикулярдык зоналарда эң чоң өзгөрүүлөргө дуушар болоору ткандардын кычкылтек ачарчылыгына органдын реакциясында райондоштуруунун бар экендигин күбөлөндүрөт.

Негизги сөздөр: гипобариялык гипоксия, келемиштер, адаптация, бөйрөк үстүндөгү без, капиллярлар.

HETEROGENEITY OF CHANGES IN THE CAPILLARY BED OF DIFFERENT AREAS OF THE ADRENAL GLANDS DURING ADAPTATION TO HYPOBARIC HYPOXIA

Abstract. The study was conducted on male laboratory rats. Hypobaric hypoxia was modeled by rarefaction of air in a pressure chamber simulating ascents to a height of 6000-6500 m above sea level. Hypoxic effects on the body were carried out for 1,3,7,15,30 days. It was found that throughout the experiment, the morphometric parameters of the intra-border microhemocirculatory bed of the adrenal glands were increased in all areas of the cortex and in the medulla, but the vascular bed in the bundle and mesh zones underwent the greatest changes, which indicates the presence of zonality in the organ's response to oxygen starvation of tissues.

Key words: hypobaric hypoxia, rats, adaptation, adrenal gland, capillaries.

При действии гипоксии в организме человека и животных развиваются адаптивно- приспособительные реакции в органах и тканях, проявляющиеся гипо- или гиперфункцией и направленные на сохранение гомеостаза [1,2,3,5,6,9]. При действии стрессовых факторов "самые ранние проявления выявляются именно в изменении сосудистых реакций" [7]. Важную роль в кислородном обеспечении тканей играет состояние капилляров, где происходят обменные процессы [8]. В зависимости от уровня метаболических процессов, использования тканями кислорода, неодинаковой чувствительности к его дефициту, надпочечники занимают 6 место после сердца, легких, печени, почек, щитовидной железы. Исследования состояния надпочечников при гипоксии многочисленны, но в большей степени они носили описательный характер с констатацией изменения веса и толщины слоев. Вопросы, касающиеся изменения микроциркуляторного русла этой железы при гипоксической гипоксии, остаются мало изученными.

Авторами проведен сравнительный анализ изменений капилляров коры и мозгового вещества надпочечников при воздействии интервальных гипоксических тренировок. Именно такие кратковременные нагрузки на организм приводят к более быстрому формированию адаптивных процессов.

Исходя из этого, была поставлена **цель исследования**: изучить изменения капилляров разных зон надпочечников при воздействии гипобарической гипоксии.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные исследования проводились на белых, беспородных, половозрелых лабораторных крысах-самцах массой 180–200 грамм. Животные были разделены на 6 групп: контрольная и пять экспериментальных, которые подвергались гипобарическому воздействию в течение 1,3,7,15 и 30-ти суток. Гипобарическая гипоксия моделировалась путем разрежения воздуха в барокамере, имитирующей подъемы на высоту 6000–6500 м над ур.м. по схеме: 5 минут – «подъем», 1 минута – пребывание на высоте, 5 минут – «спуск», 5 минут – отдых. По срокам эксперимента в течение 2–5 минут под эфирным наркозом через левый желудочек сердца осуществлялось прижизненное инъецирование кровеносного русла водной взвесью черной туши в разведении 1:1 [4]. После эвта-

назии брали образцы надпочечников, которые фиксировали в 10%-м нейтральном формалине с последующей концентрации и заключением в парафин. Из этого материала готовились просветленные гистологические препараты, на которых подсчитывали количество и диаметр капилляров, суммарную площадь сосудов и железистой ткани, а также индекс васкуляризации по формуле Ss/Sv , (где Ss -суммарная площадь железистой ткани, Sv -суммарная площадь сосудов). Измерения проводились с использованием окуляр- микрометра и сетки Автандилова.

Результаты исследования и их обсуждение. В контрольной группе интраоргано микроциркуляторное русло клубочковой зоны надпочечников представлено капиллярами, диаметр которых составляет $5,87 \pm 0,12$ мкм, а численная плотность сосудов $74,07 \pm 1,71$ мм². В пучковой зоне капилляры значительно шире, отличаются прямолинейным ходом, диаметр равен $9,53 \pm 0,17$ мкм, численная плотность их составляет $63,90 \pm 2,83$ мм². В сетчатой зоне капилляры отличаются меньшим диаметром, чем в пучковой ($8,34 \pm 0,30$ мкм), сосудистый рисунок имеет вид мелкопетливой сети с ячейками полигональной или округлой формы. Численная плотность капилляров составляет $95,65 \pm 3,43$ мм². Капилляры мозгового вещества имеют диаметр $10,77 \pm 0,14$ мкм, и наименьшую численную плотность по сравнению с таковой в других зонах надпочечника. Что касается индекса васкуляризации, то он также самый высокий в мозговом веществе, меньше – в пучковой зоне, и еще меньше- в сетчатой и клубочковой зонах (табл.1). Таким образом, различные зоны надпочечников отличаются разной степенью васкуляризации.

В 1-е сутки гипоксических тренировок в клубочковой зоне капилляры по отношению к контролю отличаются достоверным уменьшением просвета, количество функционирующих капилляров было близким к контролю, индекс васкуляризации не отличается от исходного уровня (табл.1). В пучковой зоне отмечается тенденция увеличения просвета капилляров, их численной плотности, но эти показатели не имели достоверных различий по отношению к исходному уровню. В сетчатой зоне, в отличие от клубочковой и пучковой, наблюдается достоверное увеличение числа функционирующих капилляров (на 13,6%), хотя диаметр капилляров не отличается от контрольной

группы. Соответственно увеличение численной плотности капилляров имеет достоверное различие против контроля и индекс васкуляризации (на 17,5%). В мозговом веществе картина МЦР отличается от коркового вещества железы по динамике своих показателей. Просветы капилляров значительно расширены (на 12,0%), местами с неровными контурами, видны экстравазаты и лакуны, заполненные тушью. Что касается количества функционирующих капилляров, то оно ниже, но достоверно не отличается от контроля ($p > 0,05$).

После 3-х суток гипоксических тренировок обращает на себя внимание однонаправленная динамика увеличения показателей МЦР, что проявляется усилением полнокровия в корковом и мозговом веществе (табл.1).

На 7-е сутки гипоксических тренировок ангиоархитектоника надпочечников характеризуется усилением кровенаполнения, но не в равной степени в различных зонах органа. Картина изменений МЦР клубочковой зоны мало отличалась от предыдущего срока. Отсутствует достоверное отличие от контроля по диаметру капилляров, но возрастает число функционирующих капилляров, индекс васкуляризации увеличен по сравнению с контролем. В пучковой зоне изменения носят более выраженный характер. Величина просвета капилляров превышает контроль на 16,5%. Количество функционирующих капилляров превышает контроль на 58,1%, а индекс васкуляризации – на 25,5%. В сетчатой зоне отмечены признаки значительного кровенаполнения. Диаметр капилляров отличается достоверно не только от контроля (на 36,2%), но и от предыдущего срока наблюдения. Количество функционирующих сосудов превышает контроль на 49,9%, увеличен индекс васкуляризации (на 55,0%). В мозговом веществе картина полнокровия более выражена. Синусоидные капилляры максимально расширены по сравнению со всеми

сроками эксперимента. Численная плотность капилляров превышает контроль на 60,4%. Индекс васкуляризации был максимальным с начала эксперимента (табл.1).

К 15-му дню гипоксических тренировок сохраняется динамика увеличения численности капилляров и их диаметра во всех зонах коры надпочечника. Для мозгового вещества надпочечников выявлена тенденция уменьшения диаметра капилляров, но он превышает контроль на 20,8%. Численная плотность капилляров, наоборот, несколько больше предыдущего срока, отличаясь от контроля на 84,9%.

К 30-му дню гипоксического воздействия большая часть морфометрических показателей по отдельным зонам надпочечников не отличаются от таковых предыдущего срока или характеризуются тенденцией к снижению. Наблюдается тенденция уменьшения диаметра капилляров, но численная плотность их, особенно в пучковой (на 93,8%) и сетчатой (на 56,6%) зонах, остается значительно увеличенной.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что перестройка МЦР в разных зонах коры и мозговом веществе начинается уже с 3-х суток гипоксических тренировок и характеризуется увеличением кровенаполнения надпочечников, как за счет расширения капилляров, так и за счет увеличения их численной плотности. Увеличение этих показателей достигает максимума к 15-ти суточному сроку эксперимента с последующей стабилизацией на новом уровне. Наибольшие изменения претерпевает сосудистое русло в пучковой и сетчатой зонах, где больше всего отмечается увеличение функционирующих сосудов, что, возможно, и обеспечивает высокую активность клеток этих зон, участвующих в регуляции обменных процессов и формировании адаптивных реакций организма при действии гипобарической гипоксии.

Таблица 1

**Морфометрические показатели микрогемодиализного русла надпочечников
при адаптации животных к гипоксическому воздействию (M±m)**

Зона железы	Показатели	Контроль	Сроки эксперимента (в сутках)				
			1	3	7	15	30
Клубочковая	Диаметр капилляров (мкм)	5,87± 0,12	5,33±0,13*	6,05±0,21	6,14±0,19	6,24±0,09*	6,15±0,08
	Численная плотность капилляров (мм ²)	74,17±1,71	73,68±1,59	75,07±0,94	79,88±1,84*	84,83±2,35*	86,64±2,43*
	Индекс васкуляризации	0,39±0,02	0,37±0,02	0,40±0,03	0,44±0,01*	0,46±0,02*	0,46±0,01*
Пучковая	Диаметр капилляров (мкм)	9,53±0,17	9,82±0,23	10,60±0,09*	11,10±0,08*	11,56±0,28*	11,08±0,30*
	Численная плотность капилляров (мм ²)	63,90±2,83	71,42±2,59	82,28±3,52*	101,05±4,74*	122,67±8,34*	123,88±9,21*
	Индекс васкуляризации	0,47±0,03	0,49±0,02	0,52±0,01	0,59±0,03*	0,68±0,05*	0,64±0,03*
Сетчатая	Диаметр капилляров (мкм)	8,34± 0,30	8,51± 0,12	9,50± 0,24*	11,36±0,18*	11,60± 0,25*	11,26± 0,22*
	Численная плотность капилляров (мм ²)	95,65± 3,43	108,63± 1,80*	135,68± 4,04*	143,38± 8,06*	148,57± 7,75*	149,84± 8,93*
	Индекс васкуляризации	0,40±0,02	0,47±0,01*	0,50±0,02*	0,62±0,04*	0,70±0,05*	0,67±0,03*
Мозговое вещество	Диаметр капилляров (мкм)	10,77± 0,14	12,07±0,16*	11,64± 0,31*	13,86± 0,21*	13,01± 0,32*	11,53± 0,16*
	Численная плотность капилляров (мм ²)	42,63± 1,83	40,05± 0,97	53,15±2,15*	68,41± 2,56*	78,84± 3,51*	72,53± 4,17*
	Индекс васкуляризации	0,60±0,01	0,63±0,02	0,65±0,01*	0,82±0,04*	0,74±0,03*	0,68±0,01*

Примечание: * – достоверное различие показателей по отношению к контролю (p<0,05)

Выводы.

Таким образом, при действии прерывистой барокамерной гипоксии в надпочечниках имеет место стабильное увеличение притока крови, за счет расширения просвета капилляров и увеличения их численности, что свидетельствует о высокой реактивности звеньев микроциркуля-

торного русла органа. Капилляры разных зон надпочечников реагируют неоднозначной реакцией, что, возможно, обусловлено различным кислородным запросом клеток и механизмами регуляции обменных процессов при адаптации к тканевой гипоксии.

Список литературы:

1. Балыкин М.В., Тарарак Т.Я., Воротникова М.В., Зеркалова Ю.Ф., Васильева Н.А. Влияние прерывистой гипоксии на газовый состав и кислотно-основное состояние крови /Достижения биологической физиологии и их место в практике образования: тез. докл. Всеросс. конф. с междунар. участием. – Самара. – 2003. – С.28.
2. Балыкин М.В., Каркобатов Х.Д. Системные и органые механизмы кислородного обеспечения организма в условиях высокогорья// Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2012. – Т.98. – №1. – С 127–136
3. Зарубина И. В. Современные представления о патогенезе гипоксии и ее фармакологической коррекции // Обзоры по клин. фармакол. и лек. терапии. – 2011. – Т.9, №3 – С.31–48.
4. Катинас Г.С., Полонский Ю.З. К методике анализа количественных показателей в цитологию // Цитология. – 1970. – Т.12. – №3. – С.399–403
5. Адаптация к гипобарической и нормобарической гипоксии, лечебное и тренирующее действие к гипобарической гипоксии / Под ред А. З. Колчинской. – М. – Нальчик: изд-во КБНЦ РАН, 2001. – 75 с.
6. Пиенникова М. Г. Феномен стресса, эмоциональный стресс и его роль в патологии// Актуальные проблемы патофизиологии (избранные лекции). – М.: Медицина, 2000. – С.220–241.
7. Струков А.И., Аруин Л.И. Изменения коры надпочечников при некоторых патологических состояниях // Тер. Архив.- 1967.- №4 (39). – 0.7–12
8. Тарарак Т.Я., Астахов О.Б., Зеркалова Ю.Ф. Динамика микроциркуляторного русла различных органов при адаптации организма к гипоксической гипоксии/ Матер. V общероссийского съезда АГЭ.– Казань.– 2004. – С.96–97.
9. Чеснокова Н. П., Понукалина Е. В., Бизенкова М. Н. Современные представления о патогенезе гипоксий. Классификация гипоксий и пусковые механизмы их развития // Медицинские науки. Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 5. – С. 23–25.